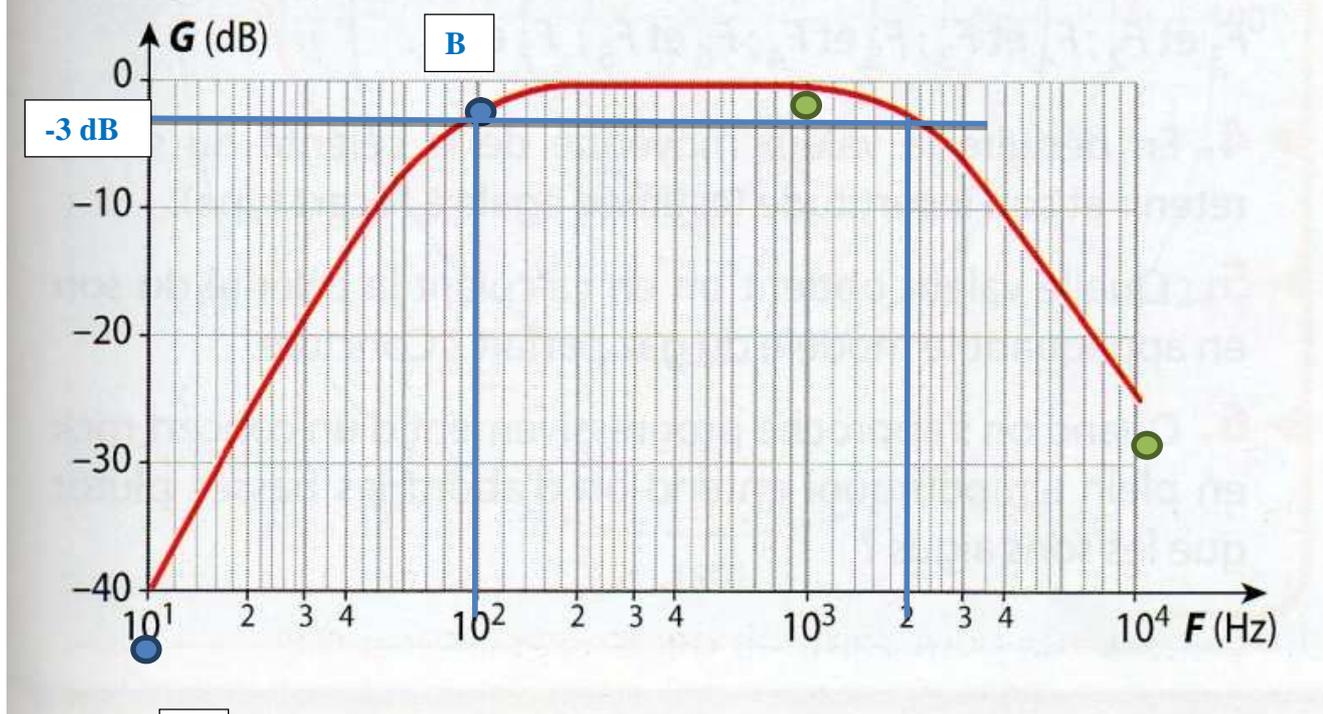


9 Un filtre de haut-parleur médium

L'étude du filtre associé à un haut-parleur médium a permis de tracer le diagramme de Bode (gain en tension en fonction de la fréquence) ci-dessous.



A

1. Tracer les asymptotes basses et hautes fréquences et mesurer leur pente, en décibels par décade.
2. Mesurer les deux fréquences de coupure à -3 dB.
3. Comment améliorer les performances de ce haut-parleur en basses fréquences ?

Les réponses en fréquence de systèmes électroniques sont souvent décrites « par décades ». pour une augmentation d'un facteur 10 de la fréquence il faut regarder de combien le gain en dB à diminué

1. Pour les basses fréquences

Pour $F = 10$ Hz on a $G = -40$ dB
 et Pour $F = 100$ Hz on a $G = -3$ dB

On a donc une augmentation de 37 dB

Pour les hautes fréquences

Pour $F = 1000 \text{ Hz}$ on a $G = 0 \text{ dB}$

et Pour $F = 1000 \text{ Hz}$ on a $G = -25 \text{ dB}$

On a donc une augmentation de 25 dB

2. Fréquence de coupure à -3 dB

Elle est comprise entre 100 Hz et 2000 Hz

3. On place un « événement », on met donc un filtre qui laisse passer les basses fréquences voir p 99 livre

11 Influence de l'événement sur la bande passante d'une enceinte

Une enceinte contient un haut-parleur et son filtre associé. La mesure du gain en tension G , en décibels, pour diverses valeurs de la fréquence F donne les résultats suivants.

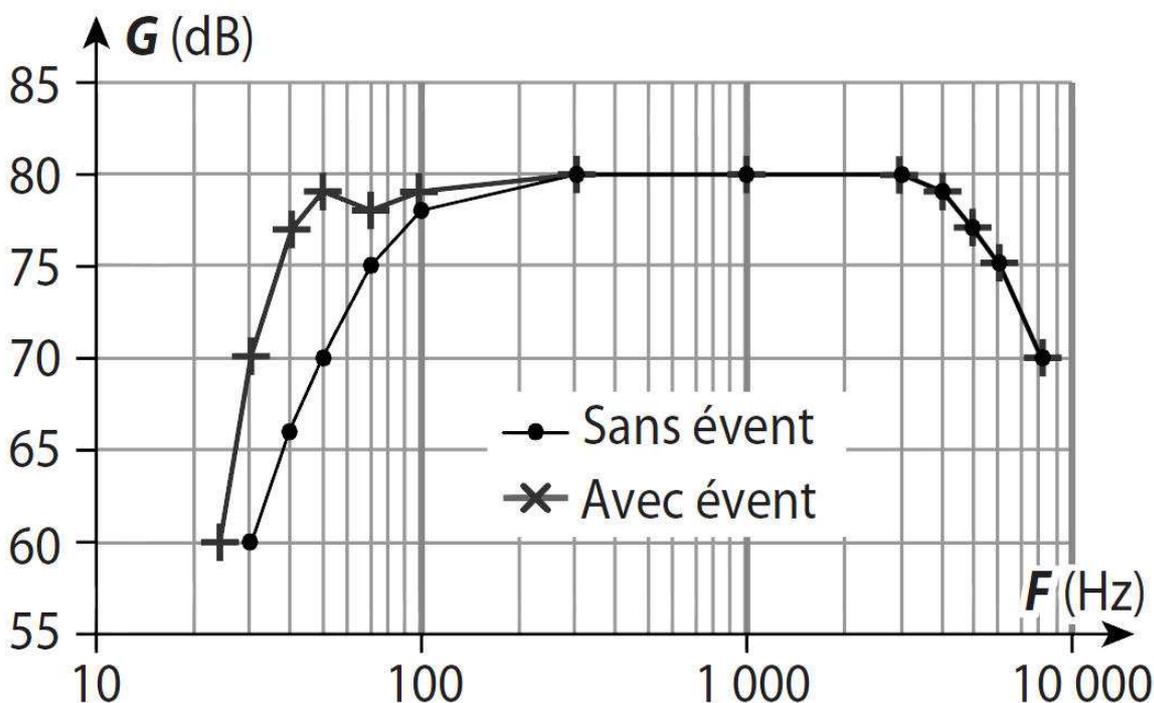
F (Hz)	30	40	50	70	100	300	1 000	3 000	4 000	5 000	6 000	8 000
G (dB)	60	66	70	75	78	80	80	80	79	77	75	70

Lorsque l'enceinte possède un événement d'où sort un son maximal à la fréquence de 50 Hz , en phase avec le son avant du haut-parleur, les mesures obtenues sont données ci-dessous.

F (Hz)	24	30	40	50	70	100	300	1 000	3 000	4 000	5 000	6 000	8 000
G (dB)	60	70	77	79	78	79	80	80	80	79	77	75	70

1. Sur du papier semi-logarithmique, tracer le gain en tension en fonction de la fréquence, avec et sans événement.

2. Quel est le rôle de l'événement ?



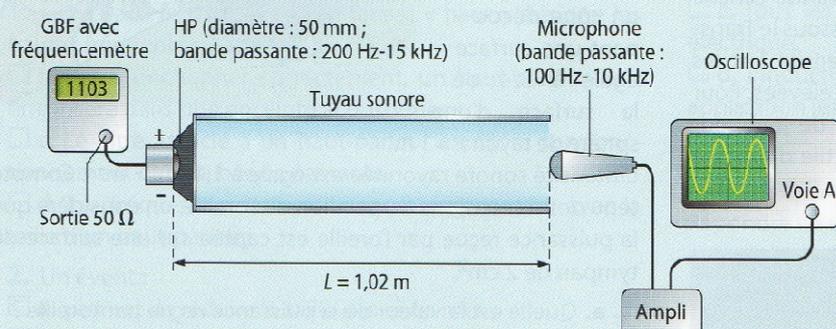
2. L'évent augmente la bande passante dans les basses fréquences

12 Mesure de la célérité du son avec un haut-parleur et un micro (5 points)

Problématique

Les variations de la pression de l'air permettent au son de se propager. Comment mesurer la célérité du son dans l'air ?

Document 1 Matériel et dispositif expérimental.



Document 3 Résultats expérimentaux.

Plusieurs séries de mesures sont effectuées à la température $T = 297$ K. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Fréquences (Hz)	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
Mesure 1	1 103	1 274	1 439	1 608	1 778	1 945
Mesure 2	1 105	1 275	1 440	1 610	1 778	1 950
Mesure 3	1 104	1 272	1 441	1 609	1 776	1 945
Moyenne	1 104	1 273	1 440	1 609	1 777	1 947

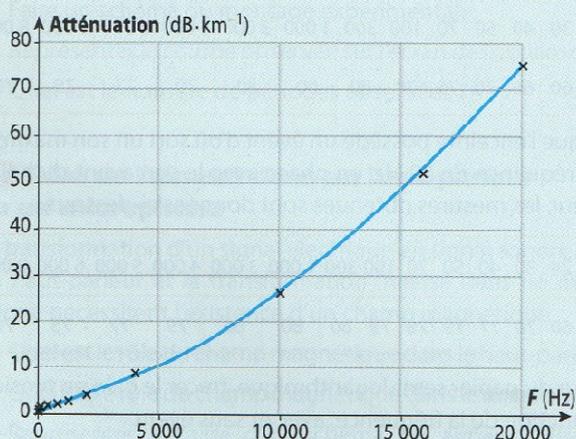
Document 2 Étude expérimentale.

Le haut-parleur et le microphone étant fixes, on souhaite déterminer les fréquences F_i du signal émis par le haut-parleur pour lesquelles des ondes stationnaires s'établissent dans le tuyau (résonance). La longueur du tuyau contient alors un nombre entier de demi-longueurs d'ondes. La relation entre la célérité c du son dans l'air, les fréquences de résonance et la longueur du tuyau est : $c = 2L(F_{i+1} - F_i)$. La membrane mobile du haut-parleur provoque une succession de compressions et de détentes de l'air. Dans l'hypothèse des gaz parfaits, c s'exprime aussi par : $c = 20,05\sqrt{T}$, avec T en kelvins.



Visualisation des variations de la pression de l'air suite au tir d'une balle de pistolet.

Document 4 Atténuation du son dans l'air sec à 20 °C en fonction de la fréquence.



Questions

- Pourquoi plusieurs séries de mesures sont-elles effectuées ?
- Pour quelles raisons choisit-on de travailler entre 1 et 2 kHz ?
- Calculer la célérité moyenne du son entre les fréquences F_3 et F_2 ; F_4 et F_3 ; F_5 et F_4 ; F_6 et F_5 ; F_7 et F_6 .
- En déduire la valeur moyenne de la célérité du son à retenir et son incertitude (estimée égale à l'écart type).
- Quelle valeur obtient-on en calculant la célérité du son en appliquant le modèle du gaz parfait ? Conclure.
- Quand on s'approche progressivement d'un concert rock en plein air, pourquoi entend-on d'abord les basses plutôt que les sons aigus ?

1. On effectue plusieurs séries de mesures car il existe une dispersion des mesures.

2. Calcul la longueur d'onde pour F = 1 kHz

$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot F$$

$$\lambda = \frac{c}{F} = \frac{20,05 \cdot \sqrt{T}}{1000} = \frac{20,05 \cdot \sqrt{297}}{1000} = 0,34 \text{ m}$$

Calcul la longueur d'onde pour F = 2 kHz

On trouve

$$\lambda = \frac{c}{F} = \frac{20,05 \cdot \sqrt{T}}{1000} = \frac{20,05 \cdot \sqrt{297}}{2000} = 0,17 \text{ m}$$

Il est donc possible d'observer plusieurs noeuds de vibration dans le tuyau sonore.

3. Calcul de la célérité moyenne

	F ₂ et F ₁	F ₃ et F ₂	F ₄ et F ₃	F ₅ et F ₄	F ₆ et F ₅ .
c = 2.L(F _{i+1} - F _i) m.s ⁻¹	2.1,02(1273 - 1104) = 344,8	340,7	344,8	342,7	346,8

4. Calcul de la moyenne de la célérité

$$c = 343,1 \pm 2,1 \text{ m.s}^{-1}$$

écart type : 2,08 sur calculatrice

5. Calcul de c avec le mmodel du gaz parfait

$$c = 20,05 \cdot \sqrt{T}$$

$$c = 20,05 \cdot \sqrt{297} = 345,5 \text{ m.s}^{-1}$$

Compte tenu de l'incertitude proche de 2 m.s⁻¹, les valeurs mesurées ne font pas apparaître de différence notable entre la vitesse du son dans l'air et celle du son dans un gaz parfait monoatomique.

6. Le document 4 montre clairement que lorsqu'on est loin de la source sonore, les hautes fréquences sont plus fortement atténuées que les basses fréquences.

13 L'effet Larsen (4 points)

Problématique

Un concert ou un discours sont parfois perturbés par un sifflement soudain et assourdissant, connu sous le nom d'effet Larsen.

Quelle en est la cause, et comment l'éviter ?

Document 2 Niveau sonore et décibels.

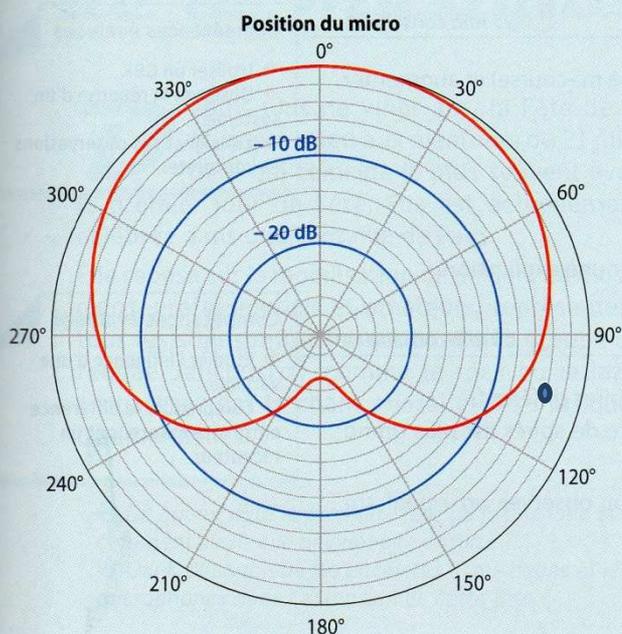
Le niveau sonore L , exprimé en décibels (dB), donne une indication du « volume » du son perçu par une oreille humaine. Par exemple, le niveau sonore d'une conversation normale est égal à 60 dB.

En passant d'une distance d_1 entre une source sonore et un récepteur à la distance d_2 , le niveau sonore au niveau du récepteur passe de la valeur L_1 à la valeur L_2 , selon :

$$L_2 = L_1 + 20 \log \left(\frac{d_1}{d_2} \right)$$

Document 3 Directivité d'un microphone.

La directivité est une caractéristique importante d'un microphone. Il est dit « omnidirectionnel » s'il réagit aux sons de la même façon, quelle que soit leur direction. Un micro unidirectionnel capte essentiellement les sons provenant de l'avant. La directivité est décrite plus précisément dans la notice d'un microphone par un diagramme (ci-dessous, pour une fréquence de 1 kHz). Par exemple ici, par rapport à un son dans le sens et la direction du micro (0°), celui venant d'une direction à 120° est atténué de 11 dB.

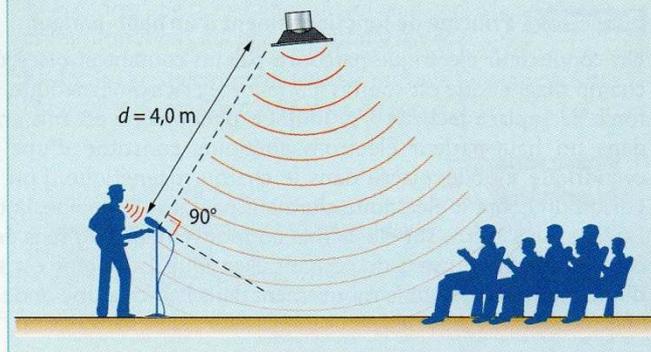


Données • Lien entre longueur d'onde λ d'une onde, sa fréquence F et sa célérité v : $\lambda = v/F$.

• Célérité du son dans l'air : $c = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Document 1 Principe de l'effet Larsen.

Le principe du Larsen est le suivant : la voix du chanteur, captée par le micro, est transmise et amplifiée avant d'être émise par les haut-parleurs de l'enceinte. Ce son revient ensuite au micro, où il se superpose à celui du chanteur, puis il est à nouveau amplifié et réémis vers les enceintes, et ainsi de suite. Cela se passe souvent dans les fréquences élevées. La membrane du haut-parleur risque ainsi d'être endommagée.



Document 4 La console du technicien.

Lors d'un concert, le technicien du son affine en permanence les réglages pour produire le meilleur résultat sonore possible. Il peut atténuer ou augmenter certaines fréquences, ce qui permet aussi d'arrêter le développement d'un effet Larsen qui se produirait malgré les précautions prises avant le concert.

Questions

- Comment l'effet Larsen peut-il entraîner la destruction de la membrane d'un haut-parleur ?
- Le microphone capte la voix du chanteur à un niveau sonore de 70 dB. On considère que l'effet Larsen s'installe si le niveau sonore en provenance de l'enceinte dépasse celui en provenance du chanteur. Si l'enceinte émet un son avec un niveau de 85 dB à une distance de 1,0 m du microphone, peut-il y avoir un effet Larsen avec un micro omnidirectionnel ?
 - Si le chanteur utilise le micro directionnel dont le diagramme est donné dans le document 3, l'effet Larsen est-il évité ?
- Rédiger une notice d'une dizaine de lignes à destination d'un technicien du son amateur, avec deux conseils simples pour limiter l'effet Larsen.

1. L'effet Larsen entraîne une amplification progressive et auto-entretenu du son capté par le microphone, et donc du son produit par le haut-parleur et qui revient sur le microphone. Cela augmente l'amplitude des vibrations de la membrane du haut-parleur au-delà des valeurs prévues par le constructeur. La membrane peut donc finir par se déchirer si l'amplitude des vibrations devient trop importante.

2.a. Calcul de L_2 pour $d = 4$ m

On a $L_1 = 85$ dB pour $d = 1$ m

Pour le cas du doc 1, on a $d_2 = 4$ m

D'où :

$$L_2 = L_1 + 20 \cdot \log\left(\frac{d_1}{d_2}\right) = 85 + 20 \cdot \log\left(\frac{1}{4}\right) = 73 \text{ dB}$$

Il y a effet Larsen car le chanteur chante à 70 dB

3. D'après le document 1, la direction du son provenant de l'enceinte est à 90° par rapport à la direction du micro.

D'après le diagramme (document 3), ce son est capté par le micro avec une atténuation de 5 dB. Le son capté par le micro est donc de :

$$L = 73 - 5 = 67 \text{ dB}$$

L'effet Larsen est donc évité

4. • Utiliser de préférence des microphones directionnels,

- Agir à la console, en identifiant la fréquence à laquelle se produit le Larsen et en l'atténuant rapidement.

- Utiliser des enceintes directives et jouer sur leur orientation pour éviter qu'elles émettent des sons vers les microphones.

- Si un effet Larsen se produit quand même, le chanteur ou le musicien peuvent le stopper en déplaçant légèrement le micro par rapport aux enceintes, évitant ainsi que des signaux arrivent en phase au micro.